

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Bezpečnost v moderním průmyslu

Učební texty k semináři

Autoři:

Mgr. Karel STIBOR

Datum:

15.10.2010

Centrum pro rozvoj výzkumu pokročilých řídicích a senzorických technologií CZ.1.07/2.3.00/09.0031

TENTO STUDIJNÍ MATERIÁL JE SPOLUFINANCOVÁN EVROPSKÝM SOCIÁLNÍM FONDEM A STÁTNÍM ROZPOČTEM ČESKÉ REPUBLIKY

OBSAH

Obsah.....	1
1. HISTORIE	2
2. TERMINOLOGIE	5
3. DŮVODY POUŽITÍ	6
3.1. NOVÉ STROJE	7
3.2. POUŽÍVANÉ STROJE	7
3.3. SPOLEČNÁ PROBLEMATIKA.....	9
3.4. POSTUP DOSAŽENÍ BEZPEČNÉHO STROJE	9
4. NORMY.....	13
4.1. EN ISO 13849-1	14
4.2. EN ISO 13849-2	18
4.3. EN 61508	20
4.4. EN 14121	23
4.5. EN 12100-1	26
4.6. EN 60204-1	27
5. POPIS BEZPEČNOSTNÍCH ŘETĚZCŮ	29
5.1. SENZORY.....	29
5.2. BEZPEČNOSTNÍ LOGICKÉ PRVKY.....	31
5.3. AKTUÁTORY	33
5.4. VYLOUČENÍ CHYBY	33
6. ZÁVĚR.....	35

1. HISTORIE

Jakákoliv výroba provází lidstvo odjakživa a to ve všech myslitelných odvětvích. V dávné minulosti byly stroje velice málo používané – používalo se jich běžně především tam, kde ušetřily lidem těžkou práci, jako mlýny, hamry, katry a další technika poháněná přírodními živly. Stroje tehdy obsluhovalo poměrně malé množství lidí, kteří byli svými předchůdci školeni v oblasti bezpečnosti práce, aniž by si to jeden či druhý uvědomovali. Úrazy byly sice běžné, ale kvůli relativní vzácnosti technologií ve společnosti jich bylo velice málo.

Masivní rozvoj používání strojů nastal po příchodu parního stroje, který zabezpečil relativně levný, ale hlavně nepřetržitý přísun energie pro pohon potřebných technologií. V této době dochází v oblasti bezpečnosti k zásadnímu obratu. Stroje nejsou nijak zabezpečovány, aby neubližovaly lidem a jako obsluha jsou najímány pracovní síly často z těch nejchudších vrstev, které nemají dostatečné vzdělání. Úrazy a to i ty nejtěžší se stávají každodenním problémem, který není ale nijak řešen. Zraněný pracovník je okamžitě nahrazen zdravým. Z pohledu provozovatelů a bezpečnosti práce bylo toto období zlatými časy.

Další rozvoj používání strojů nastal s příchodem elektřiny. Ta přinesla možnost používat stroje i tam, kde byl parní stroj příliš veliký či nákladný. S tímto rozmachem byl spojen další nárůst úrazovosti, ale stále jej nikdo neřešil.

Otcem myšlenky bezpečnosti práce byly odbory, které vznikly ve Spojeném Království. Odbory se začaly bouřit proti stavu, kdy dělník po úrazu často nepřišel pouze o práci, ale díky faktu že byl nevýdělečný, přišel spolu se svými blízkými o vše. Odbory začaly pomalu prosazovat, aby zranění dělníci dostávali sice malý, ale stálý přísun peněz a rodiny dělníků neupadly do kolotoče dluhů. Protože jak jsme si řekli, byly úrazy na denním pořádku, výrobci začali sami přemýšlet, jak těmto úrazům předcházet. Poměrně záhy zjistili, že vhodné opatření, které zabrání úrazu je v dlouhodobém měřítku zanedbatelná investice ve srovnání se sice malými, ale častými platbami nevýdělečným dělníkům.

Další rozvoj zažila bezpečnost v době, kdy se zaměstnavatelé začali obracet na pojišťovny a chtěli pojistit proti žalobám a platbám odškodného. To jsme ale již ve 20. století a zejména v USA jsou vytvářeny první předpisy a návrhy, které doporučují výrobcům a provozovatelům doplnit technologie o mechanické zábrany, aby nedocházelo ke zbytečným úrazům. V této době ještě nelze mluvit o normách v oblasti bezpečnosti.

Různé technologie se ale dále rozšiřují a hlavně zrychlují. Mechanické zábrany jsou již nedostačující, a proto se různými kombinacemi reléových obvodů vytváří první bezpečnostní obvody, které jsou časem vyvinuty v obvody, které jsou schopné zároveň detekovat základní chybné parametry, jako zkratky. Tato technika se hojně používá v různých modifikacích do devadesátých let dvacátého století.

Roku 1986 přichází firma Pilz na trh s prvním produktem určeným pro obvody nouzového zastavení. Jedná se o krabičku s elektronickými a elektrotechnickými prvky, které nahrazují stykačovou kaskádu a mají zároveň sledování vstupních a výstupních parametrů obvodů (odolnost proti zkratům). Již o dva roky později přichází na trh firma GuardMaster se zásadní inovací, která přidává další funkčnost tomuto produktu. V průběhu několika málo let se na trhu objevuje několik dalších výrobců. Z původního termínu v němčině „Sicherheitsrelais“ – tedy bezpečnostní relé se kvůli názvosloví přechází na anglický termín „Safety module“ – tedy bezpečnostní modul. Cílem je nezavádět uživatele na scesti – relé dále označuje pouze spínací prvek, kdežto modul je krabička s dodatečnými funkcemi.

Další inovace a tlaky na zefektivnění bezpečnosti z řad uživatelů vedou na konec devadesátých let, kdy několik výrobců představuje bezpečnostní PLC. Na prvních systémech v počátcích spolupracují firmy HIMA a Pilz, kdy si za základ vzali tehdy moderní architekturu standardních řídicích systémů Simatic S5. Ve vývoji se však záhy rozešli a každý šel svoji vlastní cestou. Jelikož systémy nejen těchto dvou rivalů uměly komunikovat přes různé sběrnice, byli alespoň na čas zákazníci uspokojeni. Ne však na dlouho.

Cílem každého výrobce je minimalizovat vstupy a maximalizovat zisk. Proto byl vznesen požadavek na další zlevnění bezpečnosti a její daleko větší provázanosti se standardními řídicími funkcemi. V této oblasti jsou v současné

době dvě vedoucí společnosti. Jedná se o firmy Rockwell Automation se svými výrobky pod značkami Allen Bradley a GuardMaster (ten stejný GuardMaster, který uvedl na trh „druhé bezpečnostní relé“) a Siemens s řídicími systémy Simatic F. Princip jejich činnosti je velice podobný. Umějí řídit výrobní proces, přičemž mají další procesor, který zpracovává redundantně bezpečnostní program. Díky tomu je daleko větší flexibilita a kratší časová odezva, než v případě odděleného řešení klasického a bezpečnostního řízení a náklady byly redukovány dále sjednocením programovacích prostředí a dalších pomůcek.

Nejpokročilejší oblastí s vysokým výkonem CPU, kde se užívá této funkce integrace bezpečnosti, jsou CNC řídicí systémy. V této oblasti hrají světový prim výrobci Heidenhein, Fanuc a Siemens, kteří nabízejí plnou integraci bezpečnostních funkcí i do číslicově řízených systémů.

Poslední oblastí, kde jsou potřeba bezpečnostní systémy jsou tzv. DCS systémy, tedy systémy decentralizovaného řízení. Jsou využívány v technologiích zejména s vysokým počtem vstupů a výstupů. Z pohledu bezpečnosti je stejně důležité ochránit obsluhu a další ohrožené osoby, ale je zároveň životně důležité zabezpečit kontinuitu výroby. Toto si můžeme představit tak, že díky poruše jednoho snímače není možné například zastavit linku na kontinuální lití oceli, jejíž prohrátí a počátek výroby stojí řádově statisíce korun. V případě poruchy systému je řízení či snímání přepnuto na záložní systém, obsluha má čas problém původního řízení odstranit. V této oblasti se etablovaly firmy Rockwell Automation, Yokogawa a ABB.

2. TERMINOLOGIE

STROJ – je jakékoliv zařízení s jednou či více pohyblivými součástkami, které je poháněno jinak než zvířecí či lidskou silou. Za stroj jsou rovněž považovány sestavy tzv. neúplných strojních zařízení, která mají svůj vlastní pohon.

VÝROBCE – právnická či fyzická osoba, která uvádí na trh výrobek (vč. stroje)

PROVOZOVATEL – právnická či fyzická osoba, která provozuje stroj

PRŮVODNÍ DOKUMENTACE – dokumentace v souladu s legislativními požadavky, kterou je povinen předat výrobce provozovateli. Ta musí být k dispozici u výrobce nejméně 10 let po ukončení výroby posledního kusu série, u provozovatele po celou dobu provozování stroje (do jeho vyřazení a likvidace)

PROVOZNÍ DOKUMENTACE – dokumentace v souladu s legislativou, která musí být přítomna u stroje, pokud je to možné, nebo na určeném místě a kterou provozovatel musí pravidelně kontrolovat a aktualizovat dle předpisů legislativy a výrobce.

ANALÝZA RIZIKA – analýza nebezpečných míst na stroji, jejímž výsledkem je seznam nebezpečných míst na stroji spolu s ohodnocením dle příslušných norem.

ZBYTKOVÉ RIZIKO – riziko, které nebylo odstraněno ani po aplikaci dodatečných ochranných opatření.

MÍSTNÍ PROVOZNĚ BEZPEČNOSTNÍ PŘEDPIS – dokument, který je povinen vypracovat provozovatel na základě průvodní a provozní dokumentace, návodu k použití, zbytkového rizika a poměrů na pracovišti.

3. DŮVODY POUŽITÍ

Proč je vlastně nutné bezpečnostní techniku použít? Jedná se o hlediska „ekonomická“ a „legislativní“, která jsou mezi sebou velice úzce provázána a potom hledisko „renomé výrobce“.

Ekonomická hlediska mají svoje negativní i pozitivní složky. Negativní složky jsou zejména ty, které prodražují konstrukci strojů a to v oblasti know-how jako je analýza rizik, projekční práce a podobně, a také v oblasti vybavení strojů dodatečnými prvky jako kryty, bezpečnostní moduly a podobně. Pozitivní složky jsou potom možnost vyhnout se postihu prodejce či provozovatele a hlavně výše pojistky na provoz stroje (u bezpečného stroje bude vždy nižší).

Legislativní hlediska jsou veškeré požadavky ze strany státu a jeho organizací, které je třeba splnit, aby mohl být stroj uveden na trh.

Renomé výrobce je prozatím poměrně opomíjené hledisko, které ale bude získávat stále více na důležitosti, stejně jako oblast pojištění provozu. Pojišťovny, stejně jako rozumní provozovatelé nebudou podporovat nebezpečné stroje, natož výrobce, kteří je používají či dokonce vyrábějí.

Abychom mohli legislativu uchopit a použít na konkrétní stroj, musíme si nejprve určit pro které stroje, která legislativa platí. Právní řády jednotlivých zemí Evropské unie jsou harmonizovány, a proto je většina podmínek totožná. Stroje proto můžeme rozdělit do dvou skupin, na stroje nové a stroje používané.

Jak jednoduše rozpoznat, do které skupiny spadá který stroj? Uvedme vysvětlení na příkladu. Jsme majitelé zámečnické firmy a zjistili jsme, že pro výrobu nového výrobku potřebujeme soustruh. Našli jsme výrobce, který vyrábí stroje dopředu a nemusíme tak na výrobu soustruhu čekat. Přijeli jsme do obchodu, vybrali si přesně typ, který potřebujeme a na výrobním štítku jsme zjistili, že soustruh byl vyroben před dvěma měsíci. S prodejcem jsme podepsali kupní smlouvu a předali finanční částku a splnili tak podmínky dané smlouvou. Toto je okamžik, kdy se stroj mění ze stroje nového ve stroj provozovaný.

Další zásadní otázkou, jak se má pohlížet na stroj, na kterém jsou prováděny opravy. Stanovisko ČOI je v souladu s evropským právem a pokud se jedná o opravu, pohlíží se na stroj jako na stroj provozovaný. Pokud se jedná o více než opravu (modernizaci, rekonstrukci, generální opravu apod.), pohlíží se na stroj jako na nový výrobek. Oprava je přitom chápána jako výměna nefunkčních částí za části shodné, popřípadě výměna za jiný typ, ale se stejnou funkcí.

3.1. NOVÉ STROJE

Nové stroje musí splňovat podmínky zákona č.22/1997Sb. Zákon jako takový není obsáhlý a má pouze 17 stran. Odkaz na bezpečnost je v něm pouze jeden, za to zásadní a to na konci zákona v poznámce za částí 5. Tam se odkazuje zákon na směrnici Evropského parlamentu a Rady č. 2001/95/ES o všeobecné bezpečnosti výrobků.

Druhým zásadním dokumentem je nařízení vlády č. 17/2003Sb., kterým se stanoví technické požadavky na elektrická zařízení nízkého napětí. Nařízení vlády má dvě strany textu, nezapomeňte však nahlédnout do jeho příloh.

Třetím zásadním dokumentem je nařízení vlády č. 616/2006Sb., kterým se stanoví technické požadavky na výrobky z hlediska jejich elektromagnetické kompatibility.

Posledním dokumentem a pravděpodobně nejdůležitějším je nařízení vlády č. 176/2008Sb, které zpracovává směrnici Evropského parlamentu 2006/42/ES, tedy strojírenskou směrnicí. Tento dokument je nejcennějším zdrojem informací.

3.2. POUŽÍVANÉ STROJE

Na používané stroje musíme aplikovat nařízení vlády 378/2001Sb, kterým se stanoví bližší požadavky na bezpečný provoz a používání strojů, technických zařízení, přístrojů a nářadí. Tento dokument je aplikací směrnice Rady 89/655/EHS, o minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví zaměstnanců při používání pracovního zařízení při práci, ve znění směrnice Rady 95/63/ES. Naše nařízení vlády má však jiný přístup k požadavkům na

bezpečnost strojů a liší se mimo jiné velice důležitým paragrafem 4, konkrétně odstavci 1 a 2, které evropská směrnice nezná. Ve zmiňovaných paragrafech se píše: Kontrola bezpečnosti provozu zařízení před uvedením do provozu je prováděna podle průvodní dokumentace výrobce. Není-li výrobce znám nebo není-li průvodní dokumentace k dispozici, stanoví rozsah kontroly zařízení zaměstnavatel místním provozním bezpečnostním předpisem. Zařízení musí být vybaveno provozní dokumentací. Následná kontrola musí být prováděna nejméně jednou za 12 měsíců v rozsahu stanoveném místním provozním bezpečnostním předpisem, nestanoví-li zvláštní právní předpis, popřípadě průvodní dokumentace nebo normové hodnoty rozsah a četnost následných kontrol jinak.

Z výše uvedeného textu vyplývá, že kontrola bezpečnosti musí být prováděna minimálně jedenkrát za 12 měsíců, pokud výrobce zařízení nenařídí z nějakého důvodu kontrolu v kratších intervalech.

Tento text zbytek Evropy nezná a kontrola bezpečnosti musí být prováděna pouze při uvedení do provozu a potom vždy pokud měním dispozice stroje, jeho okolí, nebo stroj samotný. Tento text je častým sporem mezi dovozcem stroje a českým zákazníkem, který použitý stroj kupuje.

Druhým zásadním dokumentem, na který je navázáno nařízení vlády č.378/2001Sb je zákoník práce, tedy zákon č. 262/2006Sb. Konkrétně by nás měla zajímat část pátá, hlava 1 zabývající se bezpečností a ochranou zdraví při práci. Konkrétně v paragrafu 101 se píše: Zaměstnavatel je povinen zajistit bezpečnost a ochranu zdraví zaměstnanců při práci s ohledem na rizika možného ohrožení jejich života a zdraví, která se týkají výkonu práce (dále jen „rizika“). Péče o bezpečnost a ochranu zdraví při práci, která zůstává uložená zaměstnavateli podle odstavce 1 nebo zvláštním právním předpisem, je nedílnou a rovnocennou součástí pracovních povinností vedoucích zaměstnanců na všech stupních řízení v rozsahu pracovních míst, která zastávají.

Třetím zásadním dokumentem je zákon 309/2006Sb., kde se v paragrafu 4 píše: Zaměstnavatel je povinen zajistit, aby stroje, technická zařízení, dopravní prostředky, a nářadí byly z hlediska bezpečnosti a ochrany zdraví při práci vhodné pro práci, při které budou používány. Stroje, technická zařízení,

dopravní prostředky a nářadí musí být vybaveny ochrannými zařízeními, která chrání život a zdraví zaměstnanců, vybaveny nebo upraveny tak, aby odpovídaly ergonomickým požadavkům a aby zaměstnanci nebyli vystaveni nepříznivým faktorům pracovních podmínek a byly pravidelně řádně udržovány, kontrolovány, a revidovány. Bližší požadavky na bezpečný provoz a používání strojů, technických zařízení, dopravních prostředků a nářadí stanoví prováděcí právní předpis.

3.3. SPOLEČNÁ PROBLEMATIKA

Oba postupy mají společné technické normy, k nimž nás přivede splnění nařízení vlády. Někteří lidé tvrdí, že normy jsou nezávazné. Takoví lidé mají pravdu, ale sdělují vám pouze její polovinu. Normy totiž obsahují minimální požadavky, které musí daný stroj mít. Normy jsou nezávazné a vy můžete použít naprosto odlišné řešení. Je ale třeba poté dokázat, že vaše řešení je alespoň tak dobré, jako to uvedené v dané normě. Nesplnění normativních požadavků vede k nesplnění normy. Nesplnění normy má dva následky – jednak nesplním nařízení vlády (a je jedno, jestli 378/2001Sb nebo 176/2008Sb) a tím nesplním zákon (opět je ve svém důsledku jedno, jestli 22/1997Sb, nebo 262/2006Sb.). Druhým následkem je s největší pravděpodobností fakt, že abych stroj mohl prodat či provozovat, potřebuji vydat „ES prohlášení o shodě“. Pokud vydám prohlášení o shodě, mohu na stroj umístit značku CE, která tuto skutečnost označuje. Nesplním-li však podmínky dané normami a přesto danou normu v „ES prohlášení o shodě“ cituji, dopustil jsem se přestupku, v krajním případě trestného činu.

Nesplnění norem tedy ve svém důsledku může vést až k nesplnění zákona. To může být posuzováno různě, ale je třeba počítat s tím, že v krajním případě může být u soudu kvalifikováno jako úmyslný trestný čin.

3.4. POSTUP DOSAŽENÍ BEZPEČNÉHO STROJE

Každý autor uvádí jiný počet kroků, nicméně v jejich obsahu se všichni shodujeme. Mě osobně se nejvíce líbí postup v šesti krocích. Dělení je sice podrobné, ale je víceméně jisté, že na žádný krok nezapomenete. Je důležité

podotknout, že kroky se týkají provozovatele. Pro ty, kteří zpracovávají celou problematiku, uvádím asi nedůležitější krok – krok 0.

	Nové stroje	Používané stroje
0))	<p>Diskuze nad navrhovaným strojem. Je důležité, aby diskuzi byl přítomen tým, který doporučuji složit minimálně z konstruktéra elektro, konstruktéra mechanických částí a technologa. Pokud byl stroj vyráběn již v minulosti, doporučuji přizvat obsluhu již fungujícího stroje. Každý vnese do diskuze svůj pohled, je poté na konstruktérech, aby požadavky na bezpečnost byly zohledněny v konstrukci stroje.</p>	<p>Obhlídka stroje a to pokud možno za provozu. Je důležité, aby člověk, který bude v příštím kroku tvořit analýzu rizik, měl přehled o všech režimech stroje – nejen běžný provoz, ale například o denní údržbě, nebo čištění stroje tam, kde je to potřeba. Na tyto činnosti by měl být upozorněn technologem provozovatele, obsluhou či údržbou. Špatné informace povedou k tomu, že budou navržena bezpečnostní opatření, která mohou zpomalovat výrobní proces.</p>
1)	<p>Analýza rizik či analýza rizikovosti. Velice důležitý dokument, který je bohužel stále málo vyžadován. Na základě tohoto dokumentu má smysl aplikovat bezpečnostní techniku. Důležité je to zejména u používaných strojů, kde provozovatelé často přeskočí všechny fáze a doslova se vrhnou rovnou na aplikaci, aniž by věděli kam a co je potřeba doplnit. Výsledkem analýzy rizik je seznam nebezpečných míst stroje, definice jak jsou nebezpečná, jak často hrozí nebezpečí a identifikace nebezpečí podle příslušných norem. Velice často (a nepovinně) již zde navrhuje tvůrce analýzy způsob, jak omezit dané riziko – např. přidáním mechanické zábrany.</p> <p>U nových strojů je analýza prováděna velice často nad výkresy před započítím výroby stroje. Je třeba si uvědomit, že pokud schéma či výkres změní, měla by být analýza rizik pro upravovanou část</p>	<p>U používaných strojů autor analýzy vychází z místních podmínek. Je třeba vzít na zřetel, že například přemístěním zásoby polotovarů pro výrobu z pravé části výrobního prostoru do části levé může dojít ke</p>

přepracována.	změně místních poměrů a je možné, že dojde k odhalení místa, které „stará“ analýza rizik neřešila. Proto může být potřeba dodatečná analýza rizik.
Každopádně je třeba, aby si provozovatelé uvědomili, že analýza rizik i na malém stroji zabere zkušenému pracovníkovi přibližně dva až tři dny. Jsou potřeba rozsáhlé zkušenosti a veliká znalost problematiky. Všechny tyto faktory je třeba zohlednit v ceně. Stroj konstruovaný dle požadavků na bezpečnost bude vždy na počátku dražší, než stroj kde na bezpečnost nebyl brán zřetel.	
2)	<p>Projekt řešící analýzu rizikovosti. Nebo část stávajícího projektu stroje je třeba zpracovat vždy po vyhotovení analýzy rizikovosti. Konstrukteři elektro a mechanických částí zapracují připomínky autora analýzy rizikovosti do svých částí projektu. Je třeba mít na paměti, že postup omezování rizik je (v tomto pořadí):</p> <ul style="list-style-type: none"> - snížení rizik opatřeními zabudovanými v konstrukci stroje - snížení rizik bezpečnostní ochranou - snížení rizik informacemi pro používání strojního zařízení <p>Výchozím nástrojem snižování rizika je proto pokud možno volba jiného materiálu pro konstrukci (tlustší plech krytu), pevná překážka, která nedovolí dosažení nebezpečného místa apod., pokud aplikace těchto opatření není možná, používají se elektrotechnické a elektronické přístroje a systémy a pokud i po aplikaci této techniky zůstává riziko, je třeba na něj upozornit v povinné kapitole návodu k použití s názvem „zbytková rizika“. Na zbytková rizika musí být proškoleni dle místního provozně-bezpečnostního předpisu všechny osoby, které budou v kontaktu se strojem. Nejedná se pouze o obsluhu stroje, ale například i o uklízečky, které po směně zametají halu (obsluha může zapomenout vypnout stroj a uklízečka ho může neopatrným pohybem spustit...), návštěvy a další.</p>
3)	<p>Aplikace projektu. U nových strojů probíhá při stavbě stroje, u používaných</p>

	strojů se jedná většinou o součást modernizace či generální opravy. Je třeba, aby byl stroj vybaven výstrojí dle projektu a správně zapojenou. Pokud používám softwarové prvky pro bezpečnost, nedílnou součástí je bezpečnostní SW, který určuje chování potřebných součástí.
4)	Validace je asi nejtlačovanější ze všech součástí tohoto postupu. Je dobré se zmínit o tom, že validace by měla být přítomna po každém kroku, povinná je však zde, po aplikaci bezpečnosti. Musím vzít odpovídající normy a dle nich provést validaci. Jednoduše tak zjistím, zda jsem postupoval správně a zda budou aplikované prostředky stačit pro snížení rizika.
5)	Doplnění dokumentace. Na stroji byly provedeny změny – bylo přidáno nové zařízení, nebo bylo instalováno jiné. Odpovídajícím způsobem musím doplnit dokumentaci dle skutečného stavu. Dále musíme doplnit analýzu rizik a hlavně kapitola zbytková rizika. Aplikací těchto všech položek musíme jako provozovatel změnit místní provozně bezpečnostní předpis.
6)	Vydání prohlášení o shodě je nedílnou součástí konce tohoto řetězu událostí s jedinou výjimkou – a to opravou. Přiznejme si však, že oprava u našeho často zastaralého strojního vybavení nebude častým krokem. Je třeba si rovněž uvědomit, že od 1.1.2010 je na ES prohlášení o shodě podpis zodpovědné osoby – u provozovaných strojů je to provozovatel u nových strojů je to generální dodavatel (případně na základě prohlášení o shodě jednotlivých subdodavatelů).

4. NORMY

Norem, které je třeba prostudovat, abychom mohli splnit požadavky zákonů a nařízení vlády z předchozích kapitol je celá řada. Ve zkratce si projdeme ty nejdůležitější. Chtěl bych vás však upozornit na fakt, že i když se pokládám v této oblasti za osobu se značnými znalostmi a dovednostmi, v žádném případě se necítím, jako někdo kdo je oprávněn normy vykládat. Toto právo náleží pouze státní správě, soudním znalcům apod.

Normy dělíme do několika skupin a to:

Norma typu A	základní bezpečnostní norma, uvádějící základní pojmy, zásady pro konstrukci a všeobecná hlediska, která mohou být aplikována na všechna strojní zařízení.
Norma typu B	skupinová bezpečnostní norma, zabývající se jedním bezpečnostním hlediskem nebo jedním typem bezpečnostního zařízení, které může být použito pro větší počet strojních zařízení.
Norma typu B1	se týká jednotlivých bezpečnostních hledisek (např. bezpečných vzdáleností, teploty povrchu, hluku) atd.
Norma typu B2	se týká příslušných bezpečnostních zařízení (např. dvouručních ovládacích zařízení, blokovacích zařízení, zařízení citlivých na tlak, ochranných krytů) atd.
Norma typu C	bezpečnostní normy pro stroje, určující detailní bezpečnostní požadavky pro jednotlivý stroj nebo skupinu strojů. Pokud se norma typu C odchyluje od jednoho nebo více opatření, kterými se zabývá část této normy, má přednost dodržení normy typu C. Norma typu C se nazývá normou výrobkovou.

Závaznost jednotlivých norem je dána jejich vyhlášením ve Věstníku jako norem harmonizovaných (popřípadě norem určených) i když splnění základních požadavků stanovených evropskými směrnici nebo nařízením vlády, je možné prokázat i jiným způsobem než těmito normami. Tato možnost však nebývá výrobcí vzhledem ke složitosti legislativního řešení využívána.

Harmonizovaná norma – je norma, která je v souladu s uvedeným dokumentem.

4.1. EN ISO 13849-1

EN ISO 13849-1 „Bezpečnost strojních zařízení - Bezpečnostní části ovládacích systémů - Část 1: Všeobecné zásady pro konstrukci“ . Toto je poměrně nová norma platná od roku 2008 a od 1.1.2009 měla být náhradou dnes již zastaralé normy EN 954-1, ale vlivem hospodářské recese bylo zrušení EN 954-1 posunuto na konec roku 2012. Tato norma uvádí bezpečnostní požadavky a pokyny pro zásady konstrukce a integrace bezpečnostních částí ovládacích systémů (SRP/CS), včetně návrhu software.

Pro tyto části SRP/CS specifikuje norma vlastnosti, které zahrnují úroveň vlastností požadovanou k vykonávání bezpečnostních funkcí. Norma platí pro bezpečnostní části ovládacích systémů (SRP/CS) bez ohledu na druh používané technologie a energie (elektrické, hydraulické, pneumatické, mechanické, atd.) pro všechny druhy strojních zařízení.

Norma nspecifikuje bezpečnostní funkce nebo úrovně vlastností, které mají být použity v jednotlivém případě.

SRP/CS - bezpečnostní část ovládacího systému (safety-related part of a control system)část ovládacího systému, která reaguje na bezpečnostní vstupní signály a vytváří bezpečnostní výstupní signály.

Norma dále definuje pojem „Ochranné opatření“ (protective measure) jako opatření určené k dosažení snížení rizika a dělí ho na opatření:

Realizované konstruktérem: opatření zabudovaná v konstrukci, bezpečnostní ochrana a doplňková ochranná opatření, informace pro používání.

Realizované uživatelem: organizace (bezpečné pracovní postupy, kontrola, dovolené pracovní systémy), zajištění a používání dalších bezpečnostních zařízení; používání osobních ochranných prostředků, zaškolení.

Definice je převzata z ISO 12100-1:2003, 3.12

Ve spolupráci s normou EN 62061 definuje oblasti, jimiž se zabývají, tak jak je vidět v následující tabulce:

	Technologie realizující bezpečnostní ovládací funkci	ISO 13849-1	IEC 62061
A	Neelektrická, např. hydraulika	X	Nezahrnuje
B	Elektromechanická, např. relé a/nebo neúplná elektronika	Omezená na stanovenou architekturu a) a až do PL = e	Všechny architektury a až do SIL 3
C	Úplná elektronika, např. programovatelná	Omezená na stanovenou architekturu a) a až do PL = d	Všechny architektury a až do SIL 3
D	A kombinovaná s B	Omezená na stanovenou architekturu a) a až do PL = e	Xc)
E	C kombinovaná s B	Omezená na stanovenou architekturu a až do PL = d	Všechny architektury a až do SIL 3
F	C kombinovaná s A, nebo C kombinovaná s A a B	Xb)	Xc)

X udává, že tímto předmětem se zabývá mezinárodní norma, která je uvedena v záhlaví sloupce.

- a) Stanovené architektury jsou definovány, aby byl zjednodušen způsob pro kvantifikaci úrovně vlastností.
- b) Pro úplnou elektroniku: používání stanovených architektur podle této části ISO 13849 až do PL = d nebo jakékoliv architektury podle IEC 62061.
- c) Pro neelektrické technologie, používání částí podle této části ISO 13849 jako subsystémů.

Aby tento dokument pomohl konstruktérovi a usnadnil posouzení dosažené úrovně vlastností bezpečnostní funkce (PL), používá metodologii, která je založena na kategorizaci struktur podle specifických konstrukčních kritérií a specifikovaného chování v podmínkách závady. Těmto kategoriím je přidělena jedna z pěti úrovní, označených jako kategorie B, 1, 2, 3 a 4.

Úrovně vlastností a kategorie se mohou vztahovat na bezpečnostní části ovládacích systémů, jako jsou:

- ochranná zařízení (např. dvouruční ovládní, blokovací zařízení), elektrická snímací ochranná zařízení (např. fotoelektrické clony), zařízení citlivá na tlak;
- ovládací jednotky (např. logická jednotka pro ovládací funkce, zpracování dat, monitorování, atd.) a
- prvky silového ovládní (např. relé, ventily, atd.),

a stejně tak na ovládací systémy, které vykonávají bezpečnostní funkce u všech druhů strojních zařízení – od jednoduchých zařízení (např. malých kuchyňských strojků nebo automatických dveří a vrat) až po výrobní zařízení (např. balicí stroje, tiskařské lisy).

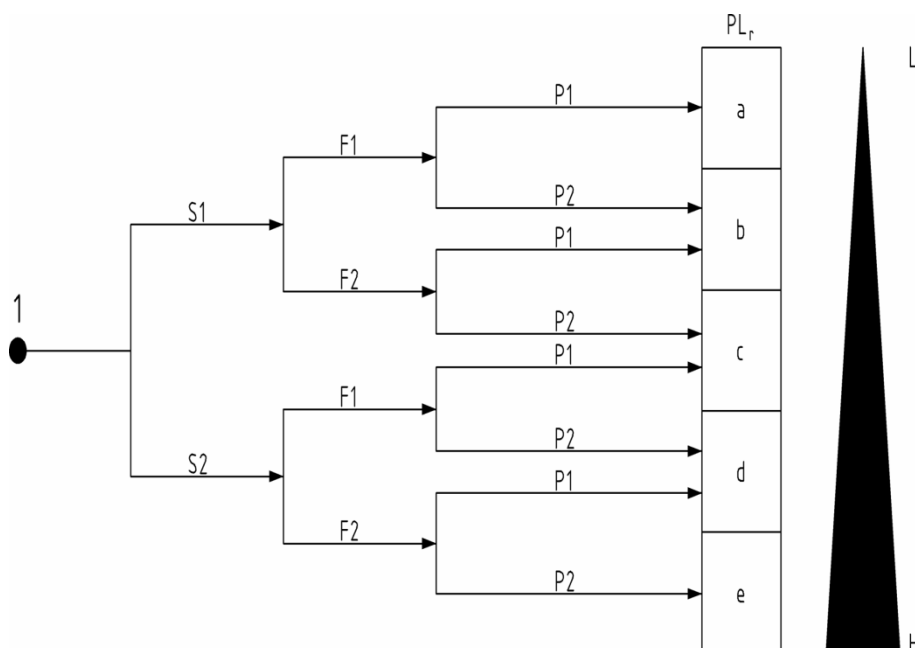
Vlastnosti každé bezpečnostní funkce a požadovaná úroveň vlastností musí být stanoveny a dokumentovány ve specifikaci bezpečnostních požadavků.

V EN ISO 13849 jsou úrovně vlastností bezpečnostní funkce definovány ve formě pravděpodobnosti nebezpečné poruchy za hodinu. Je stanoveno pět úrovní vlastností (a až e) s definovanými rozsahy pravděpodobnosti nebezpečné poruchy za hodinu.

Úrovně vlastností – PL (bezpečnostní funkce)

Průměrná pravděpodobnost nebezpečné poruchy za hodinu	poznámka
a $\geq 10^{-5}$ až $< 10^{-4}$	odpovídá době do cca 2let
b $\geq 3 \times 10^{-6}$ až $< 10^{-5}$	odpovídá době od cca 2 do 30let
c $\geq 10^{-6}$ až $< 3 \times 10^{-6}$	odpovídá době od cca 30 do 100let
d $\geq 10^{-7}$ až $< 10^{-6}$	odpovídá době od cca 100 do 1000let
e $\geq 10^{-8}$ až $< 10^{-7}$	odpovídá době cca nad 1000let

Dále norma určuje způsob určení požadované úrovně vlastností (PLr) pomocí jednoduchého rozhodovacího grafu:



Kde výchozí bod je označen číslem jedna a dále se rozhodujeme na základě:

Závažnosti zranění S1 a S2. S1 jsou lehká zranění obvykle s přechodnými následky (pohmožděniny, lehké zlomeniny, tržné rány apod.), S2 jsou závažná zranění, obvykle s trvalými následky (amputace, otevřené zlomeniny, rozdrčení apod.) a smrt.

Další bod rozhodování určuje parametr F, který vyjadřuje četnost a/nebo doba vystavení nebezpečí. F2 má být zvolen tehdy, je-li osoba vystavena nebezpečí často nebo nepřetržitě. Je nepodstatné, zda je vystavena nebezpečí táž osoba nebo postupně různé osoby, např. při používání výtahů. Parametr četnosti má být zvolen podle četnosti a doby trvání přístupu k nebezpečí. Je-li četnost vystavení vyšší než jednou za hodinu, má být v tomto případě, bez jakéhokoliv zdůvodnění, zvolen parametr F2.

Posledním parametrem je parametr P, který vyjadřuje možnost vyloučení nebezpečí. Je důležité vědět, zda může být rozpoznána nebezpečná situace a zda může být vyloučena dříve, než může dojít k úrazu. Například důležitá je úvaha, zda může být nebezpečí přímo identifikováno jeho fyzikálními vlastnostmi nebo zda může být poznáno pouze technickými prostředky, např. sdělovači. Jiná důležitá hlediska, která ovlivňují volbu parametru P, zahrnují například: provoz s dozorem nebo bez dozoru, provoz s odborníky nebo laiky, rychlost s jakou vzniká nebezpečí (např. rychle nebo pomalu), možnosti vyvarování se nebezpečí (např. uniknutím), praktické bezpečnostní zkušenosti

vztahující se k procesu. Vyskytne-li se nebezpečná situace a je-li reálná možnost vyloučení úrazu nebo významného snížení jeho účinků, má být zvolen pouze parametr P1; parametr P2 má být zvolen tehdy, není-li téměř žádná možnost vyloučení nebezpečí.

Po určení PLr následuje výpočet PL pro všechny SRP/CS (všechny bezpečnostní funkce stroje se všemi prvky. Po výpočtu se porovná PL s PLr, pokud se hodnoty alespoň rovnají, následuje validace dle EN ISO 13849-2. Uvědomte si prosím, že pro výpočty je nutné mít:

- kompletní schéma elektroinstalace (alespoň bezpečnostních obvodů)
- analýzu rizikovosti
- logické schéma bezpečnosti
- pokud se jedná o programovatelnou logiku, tak výpis bezpečnostního ovládacího programu.

Po výpočtu a validaci nelze již nic v řetězci SRP/CS měnit, i údržba je potom možná pouze v režimu opravy – tzn. pouze výměna „kus za kus“ a to od jednoho výrobce s jedněmi bezpečnostními parametry!

4.2. EN ISO 13849-2

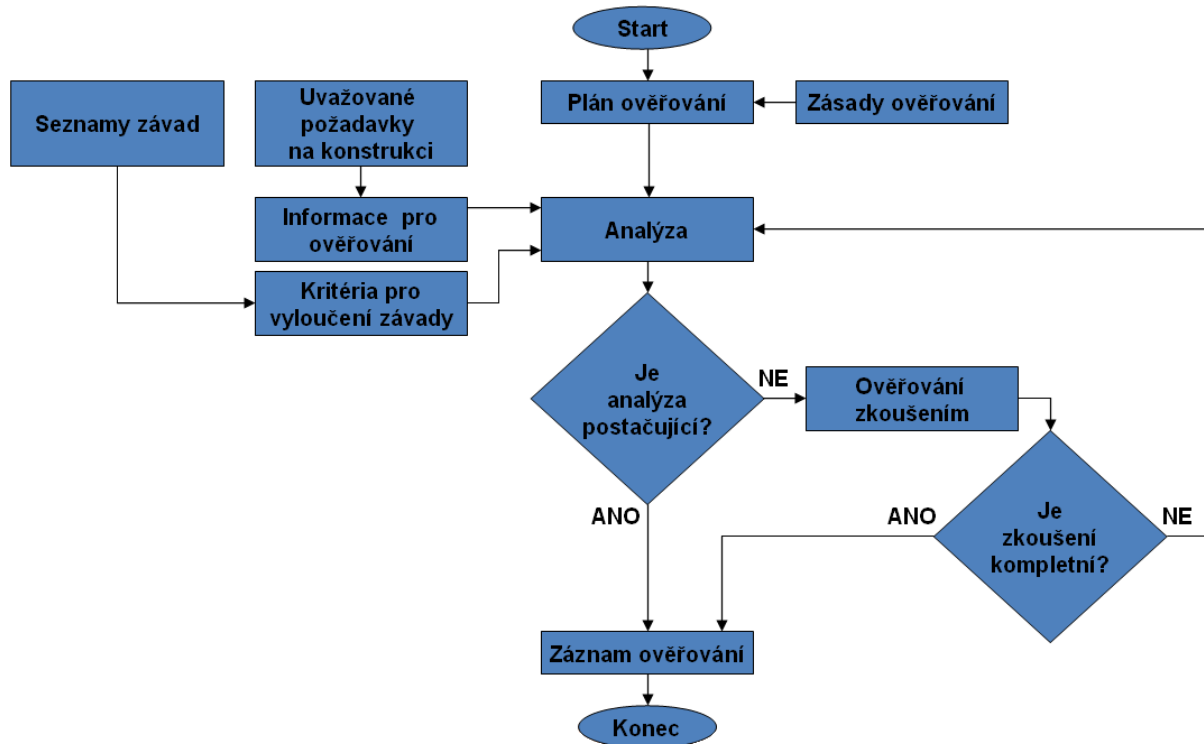
EN ISO 13849-2 „Bezpečnost strojních zařízení - Bezpečnostní části ovládacích systémů - Část 2: Ověřování, je další normou, kterou se musíme zabývat. Účelem ověřování je potvrdit specifikaci a shodu konstrukce bezpečnostních částí ovládacího systému v rámci celkové specifikace bezpečnostních požadavků strojního zařízení. Ověřování musí prokázat, že každá bezpečnostní část splňuje požadavky EN ISO 13849-1, zvláště:

- specifikované bezpečnostní vlastnosti bezpečnostních funkcí poskytovaných touto částí, jak bylo stanoveno racionální konstrukcí
- požadavky specifikované kategorie

Ověřování má být provedeno osobami nezúčastněných na konstrukci bezpečnostní části, přičemž stupeň nezávislosti má odrážet bezpečnostní vlastnosti bezpečnostní části. Ověřování se skládá z používání analýzy a je-li to nezbytné, z provedení zkoušek podle plánu ověřování. Vyváženost mezi analýzou a/nebo zkoušením závisí na použité technologii. Analýza má být zahájena co možná nejdříve a to současně s procesem konstrukce tak, aby

problémy mohly být včas korigovány a to ve stádiu, kdy je náprava relativně snadná po ekonomické i technické stránce. Pro některé části může být nezbytné oddálení analýzy, dokud není konstrukce správně vyvinuta.

Proces ověřování norma popisuje takto:



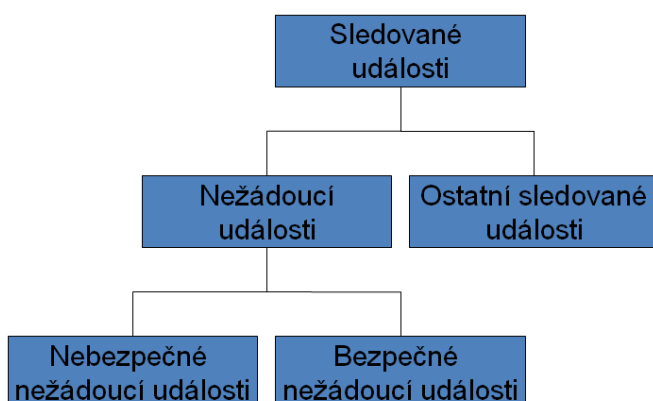
Dále je nutné mít příslušné podklady pro příslušné kategorie zapojení. Nalezneme je opět přehledně uspořádané v tabulce, jež je obsahem normy:

Požadavek podkladu	Kategorie pro kterou je podklad požadován				
	B	1	2	3	4
Základní bezpečnostní zásady	X	X	X	X	X
Očekávané provozní namáhání	X	X	X	X	X
Vlivy zpracovávaného materiálu	X	X	X	X	X
Vlastnosti během jiných relevantních vnějších vlivů	X	X	X	X	X
Osvědčené součásti	-	X	-	-	-
Osvědčené bezpečnostní zásady	-	X	X	X	X
Postup kontroly bezpečnostní funkce (funkcí)	-	-	X	-	-
Intervaly kontroly, pokud jsou stanoveny	-	-	X	-	-
Předvídatelné uvažované jednotlivé závady v konstrukci a používaná metoda detekce	-	-	X	X	X
Identifikované poruchy se společným režimem a jak jim zamezit	-	-	-	X	X
Předvídatelné vyloučené jednotlivé závady	-	-	-	X	X
Závady, které mají být detekovány	-	-	X	X	X
Různá nahromadění závad uvažovaných v konstrukci	-	-	-	-	X
Jak je zachována bezpečnostní funkce v případě každé ze závad	-	-	-	X	X
Jak je zachována bezpečnostní funkce při každé kombinaci (kombinacích) závad	-	-	-	-	X

Dále věnujte pozornost přílohám pro zjištění informací o nástrojích sloužících pro ověření různých systémů. Příloha A pro mechanické systémy, B pro pneumatické systémy, C pro hydraulické systémy a D pro elektrické systémy.

4.3. EN 61508

Ekvivalentem základní bezpečnostní normy EN ISO 13849-1 je norma vycházející z normy IEC 61508 a to soubor norem EN 61508. Norma pohlíží na omezování rizika pouze z pohledu statistiky. Dále se zabývá událostmi. Způsob jak pohlíží na události je zobrazen zde:



Spolehlivostí systémů se zabývá u podskupiny nežádoucích událostí. Bezpečností se zabývá u nebezpečných nežádoucích událostí. Norma dále řeší

funkční bezpečnost během celého životního cyklu stroje, předepisuje spolehlivost jako integritu bezpečnosti a kvalifikuje ji konkrétními ukazateli.

Předepisuje postupy:

- Analýzu nebezpečí a rizika.
- Specifikaci bezpečnostních funkcí.
- Přiřazení integrity bezpečnosti bezpečnostním funkcím.
- Výběr vhodných prostředků k realizaci bezpečnostních funkcí.
- Verifikované a validované způsoby návrhu, výroby, instalace, provozu a údržby HW i SW složek částí řídicích obvodů se vztahem k bezpečnosti.
- Návrh řídicího systému musí počítat i s lidskými schopnostmi a omezeními, včetně předpokládání chybného použití.
- Návrh systémů včetně diagnostiky a funkcí reagujících na poruchy musí být dokumentován!
- Část dokumentační a realizační nelze aplikovat samostatně.
- Řešení musí vždy odpovídat dokumentaci a požadavkům na realizaci.
- Vždy je třeba vycházet z rizikové analýzy.
- Problematika musí být vždy týmovou prací.

Systémy spojené s bezpečností rozdělují do dvou skupin (tzv. režimů):

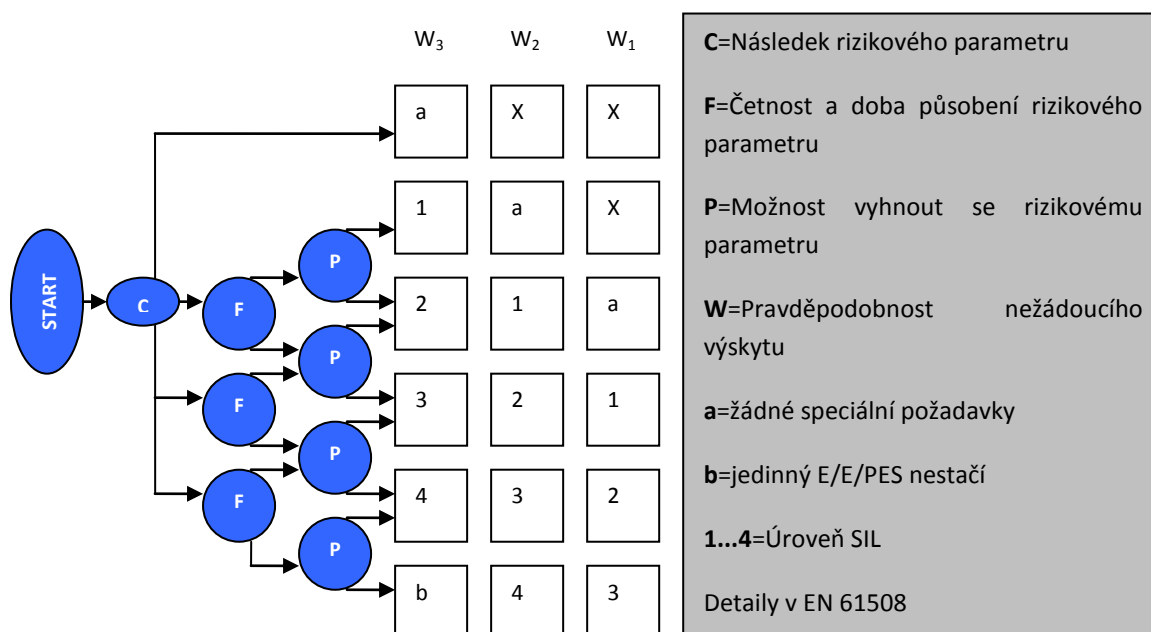
- režim s nízkým (malým) vyžádáním: kde četnost vyžádání provozu systému souvisejícího s bezpečností není větší než jednou ročně a není větší než dvojnásobek četnosti kontrolních (periodických) zkoušek
- režim s vysokým (velkým) nebo trvalým vyžádáním: kde četnost vyžádání provozu systému souvisejícího s bezpečností je větší než jednou ročně nebo je větší než dvojnásobek četnosti kontrolních (periodických) zkoušek

Potom je určeno, že hodnota SIL – tedy hodnota integrity bezpečnostního řetězce omezující riziko musí mít úroveň dle následující tabulky:

SIL	Režim s nízkým vyžádáním [hod ⁻¹]	Režim s vysokým vyžádáním [hod ⁻¹]
4	$\geq 10^{-5}$ až $< 10^{-4}$	$\geq 10^{-9}$ až $< 10^{-8}$

		(pravděpodobnost nebezpečné poruchy 1x za 10 let)
3	$\geq 10^{-4}$ až $< 10^{-3}$	$\geq 10^{-8}$ až $< 10^{-7}$ (pravděpodobnost nebezpečné poruchy 1x za 100 let)
2	$\geq 10^{-3}$ až $< 10^{-2}$	$\geq 10^{-7}$ až $< 10^{-6}$ (pravděpodobnost nebezpečné poruchy 1x za 1000 let)
1	$\geq 10^{-2}$ až $< 10^{-1}$	$\geq 10^{-6}$ až $< 10^{-5}$ (pravděpodobnost nebezpečné poruchy 1x za 10.000 let)

Rozhodovací graf požadované SIL vypadá velice podobně, jako u normy EN ISO 13849-1, nicméně EN 61508 přidává další kritérium hodnocení:



Toto kritérium navíc je W – pravděpodobnost nežádoucího výskytu. W_1 označuje velice malou pravděpodobnost nežádoucího výskytu, W_2 malou a W_3 vysokou pravděpodobnost.

Norma se rovněž zabývá podílem bezpečných a nebezpečných poruch. Laicky lze bezpečnou poruchu označit za takovou, se kterou jsme dopředu počítali a

jsme na tuto možnost připraveni. Nebezpečná porucha je potom taková, kterou jsme buďto nepředpokládali, nebo předpokládali, ale její vznik je velice málo pravděpodobný (ale stále možný). Odolnost proti vadám v souvislosti s integritou naleznete v následující tabulce:

Podíl bezpečných poruch	Typ architektury	Odolnost proti vadám		
		N=0	N=1	N=2
<60%	Typ A	SIL 1	SIL 2	SIL 3
	Typ B	Nedovolena	SIL 1	SIL 2
60%...<90%	Typ A	SIL 2	SIL 3	SIL 4
	Typ B	SIL 1	SIL 2	SIL 3
90%...<99%	Typ A	SIL 3	SIL 4	SIL 4
	Typ B	SIL 2	SIL 3	
>99%	Typ A	SIL 3	SIL 4	SIL 4
	Typ B			

Odolnost proti vadám N znamená, že N+1 vad by mohlo vyvolat ztrátu bezpečnostní funkce.

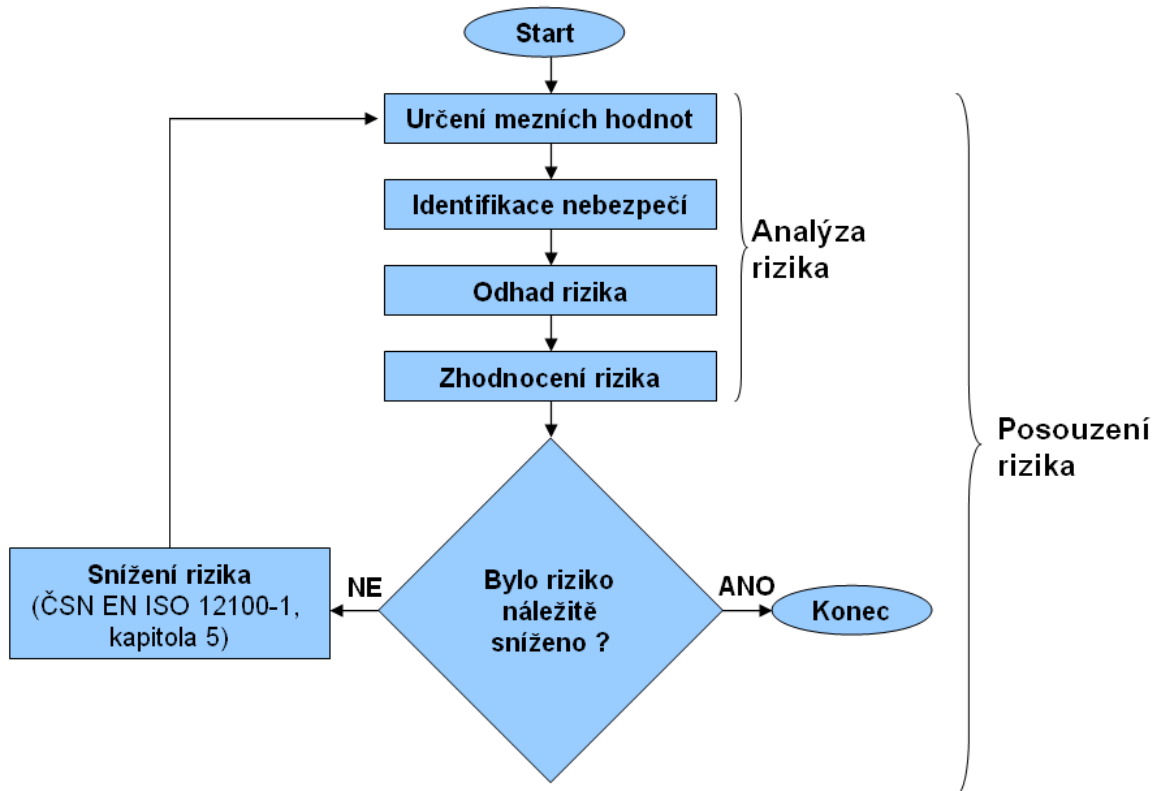
Typ A – jsou dobře definovány poruchové stavy u všech jednotlivých prvků, lze plně určit chování prvků v případě poruchy, jsou spolehlivé údaje o poruchách z provozu.

Typ B – není definován poruchový stav alespoň jednoho prvku, nelze plně určit chování prvku v případě poruchy, nejsou k dispozici spolehlivé údaje o poruchách z provozu.

4.4. EN 14121

Další bezpečnostní normou důležitou zejména pro osoby, které budou posuzovat riziko je norma EN 14121 Bezpečnost strojních zařízení - Posouzení rizika - Část 1: Zásady. Jedná se o normu, která určuje, jak riziko posuzovat a

jaké jsou zásady při tomto procesu. Základní předepsaný algoritmus je následující:



Dále je v procesu třeba určit limitní faktory, ve kterých budeme postupovat:

- vymezení používání (režimy, určení stroje, zkušenost uživatelů, ostatní osoby)
- vymezení prostoru
 - Rozsah pohybu
 - Požadavky na prostor vzájemného působení člověk-stroj
 - Rozhraní stroj-dodávka energie
- vymezení doby
 - vymezení životnosti strojního zařízení s přihlédnutím k předpokládanému
 - použití a předvídanému nesprávnému použití
 - doporučené intervaly údržby
- ostatní vymezení
 - prostředí (teploty, vlhkost, EEx, prašnost atd.)
 - udržovatelnost + úroveň požadované čistoty
 - vlastnosti zpracovávaného materiálu

Není třeba zdůrazňovat již několikrát zmiňované: Je třeba popsat rizika ve všech fázích životního cyklu stroje, tedy doprava, montáž a instalace, uvedení do provozu, používání, údržba, servis a seřizování, vyřazení z provozu, demontáž a likvidace.

Rovněž je třeba identifikovat úkoly, jako jsou seřizování, zkoušení, učení/programování, změna procesu/nástroje, spuštění, všechny režimy provozu, přívod do stroje, odstraňování výrobku od stroje, zastavování stroje, nouzové zastavení stroje, opětovné obnovení provozu po zablokování, vyhledávání závad/odstraňování poruch (zásah obsluhy), čištění a udržitelnost, preventivní údržba, údržba za účelem opravy.

Pro každé nebezpečné místo, stejně jako pro stroj jako celek musí být určeny parametry: závažnost škod, pravděpodobnost výskytu a možnost vyvarovat se nebezpečí. Hlediska, na které musí být brán zřetel, jsou zejména osoby vystavené riziku, druh, četnost a doba trvání vystavení riziku, vztah mezi vystavením riziku a jeho účinky, lidské faktory, vhodnost ochranných opatření, možnost vyřazení nebo obejití ochranných opatření, možnost udržení ochranných opatření a informace pro používání.

- Dosažení odpovídajícího snížení rizika je popsáno jako metoda tří kroků:
- Nebezpečí bylo vyloučeno nebo riziko bylo sníženo konstrukcí
- Riziko bylo sníženo použitím bezpečnostní ochrany
- Riziko bylo označeno v návodu k použití jako zbytkové riziko

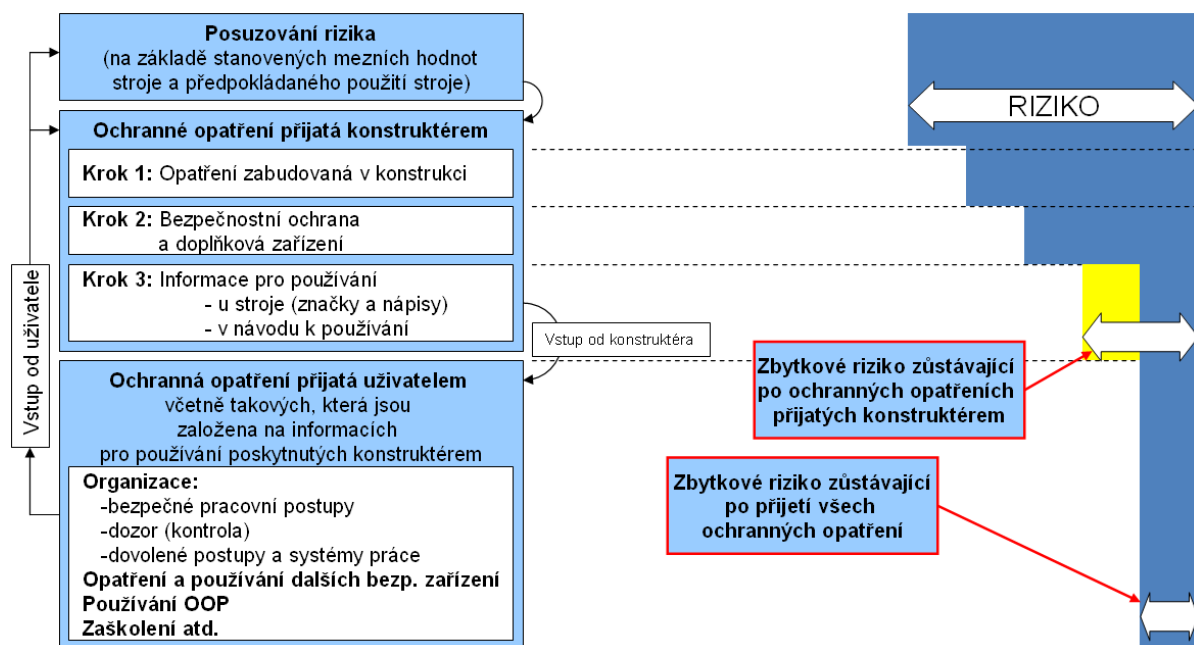
Dokumentace posouzení rizika musí prokázat postup, který byl použit a výsledky, kterých bylo dosaženo. Tato dokumentace obsahuje, pokud je to použitelné, následující:

- a) popis strojního zařízení, pro které bylo posouzení rizika provedeno (např. specifikace, stanovení mezních hodnot, předpokládané používání);
- b) všechny relevantní předpoklady, které byly použity (např. zatížení, pevnost, bezpečnostní součinitel);
- c) identifikovaná nebezpečí, nebezpečné situace a nebezpečné události uvažované při posouzení rizika;
- d) informace, na kterých bylo založeno posouzení rizika:
 - 1) použité údaje a zdroje (např. historie úrazovosti, zkušenosti získané ze snížení rizika u podobných strojních zařízeních);

- 2) nejistota spojená s použitými údaji a její dopad na posouzení rizika;
- e) cíle snížení rizika, které mají být ochrannými opatřeními dosaženy, pro jejichž volbu mají být uvedeny odkazy na normy nebo jiné použité specifikace;
- f) ochranná opatření realizovaná k vyloučení identifikovaných nebezpečí nebo snížení rizika;
- g) zbytková rizika, která jsou spojena se strojním zařízením;
- h) výsledek posouzení rizika (viz následující obrázek);
- i) všechny formuláře vyplněné při posouzení rizika.

4.5. EN 12100-1

Předposlední zásadní normou je norma EN 12100-1 Bezpečnost strojních zařízení - Základní pojmy, všeobecné zásady pro konstrukci - Část 1: Základní terminologie, metodologie.“ a 12100-2 „Bezpečnost strojních zařízení - Základní pojmy, všeobecné zásady pro konstrukci - Část 2: Technické zásady“. Cílem této normy je dát konstruktérovi jednoznačný postup a nástroje, jak snižovat rizika. Postup je následující:



4.6. EN 60204-1

Poslední významnou normou, která by neměla chybět v knihovně u nikoho, kdo se zabývá bezpečností, je norma EN 60204-1 „Bezpečnost strojních zařízení - Elektrická zařízení strojů - Část 1: Všeobecné požadavky“. Zde je dobré zmínit upozornění, že v současné době je platná edice 2 této normy a připravuje se edice 3. Proč je tato norma tak důležitá? Definuje mimo jiné některé pojmy a povinnosti, které musí být splněny, jako např. že informace dodávané s elektrickým zařízením musí zahrnovat:

- Hlavní dokument (seznam částí nebo seznam dokumentů);
- Doplňující dokumenty zahrnující:
 - jasný, úplný popis zařízení, instalace a montáže, a připojení k elektrickému napájení;
 - požadavky na elektrické (elektrická) napájení;
 - informace o pracovním prostředí (např. osvětlení, vibrace, hladiny hluku, znečišťující látky v ovzduší), kde je to nutné;
 - přehledové (blokové) schéma (přehledová (bloková) schémata), kde je to nutné;
 - obvodové schéma (obvodová schémata);

Dále informace (kde je to nutné) o programování, pokud je nutné pro používání zařízení, sledu činností, četnosti prohlídek, četnosti a metodě funkčních zkoušek, návodu pro seřizování, údržbu a opravy, zejména ochranných zařízení a obvodů, seznamu doporučených náhradních dílů a seznamu dodávaných nástrojů. Dále popis (včetně propojovacích schémat) bezpečnostních ochranných, blokovacích funkcí a blokování ochranných krytů proti nebezpečím, zejména u strojů, které pracují koordinovaným způsobem, popis bezpečnostních opatření a prostředků poskytovaných tam, kde je to nutné pro dočasné vyřazení bezpečnostních ochranných z činnosti (např. pro seřizování nebo údržbu), pokyny pro postupy zajišťování stroje pro bezpečnou údržbu, informace o manipulaci, dopravě a skladování. Nejdůležitější informací je asi informace o zbytkovém riziku v důsledku přijatých ochranných opatření, údaj, zda je požadováno jakékoliv konkrétní školení a specifikace veškerých nutných zařízení pro ochranu osob.

Norma dále definuje pojmy jako nouzové zastavení a nouzové vypnutí, stejně jako kategorie zastavení a podobně. Norma je příliš obsáhlá, abychom ji procházeli podrobně, pouze jsme upozornili na zásadní informace.

5. POPIS BEZPEČNOSTNÍCH ŘETĚZCŮ

Jak jsme se v minulých kapitolách dověděli, rizika je třeba aktivně vyhledávat a omezovat. Pokud pomineme způsob omezování vycházející z opatření zabudovaných v konstrukci stroje a informací pro používání, zbude nám poměrně rozsáhlá oblast, která řeší omezování rizika pomocí bezpečnostní ochrany.

Tento způsob omezování rizika je oblastí, kde aplikujeme určitý hardware zapojený dle projektu vytvořeného na základě analýzy rizik. Použití tohoto hardwaru je podmíněno použitím daných komponent a jejich správným pospojováním tak, abychom dodrželi hierarchii navrženého řetězce SRP/CS. Celý bezpečnostní řetězec si můžeme rozdělit do trojice částí:

Senzory – jakékoliv zařízení sbírající informace o stavu či poloze prvku důležitého pro bezpečnostní funkci.

Logické prvky – tedy prvky rozhodující na základě informací od senzorů, jak bude dále aplikace řízena. Do této oblasti rovněž spadají decentralní vstupy a výstupy bezpečnostního nebo integrovaného bezpečnostního systému, včetně všech prvků datových sběrnic.

Aktuátory (někdy označované jako ovládací prvky) – tedy prvky, které provádějí příkazy na základě rozhodnutí bezpečnostní logiky. Do této oblasti patří především stykače a ventily, které mohou například ovládat přívod média důležitého pro pohon aplikace. Dále do této oblasti mohou spadat frekvenční měniče (či pohony – dle definice jednotlivých výrobců) a servo-pohony, které ovšem mají bezpečnostní funkce, jež splňují požadavky na příslušné zapojení v bezpečnostních obvodech.

5.1. SENZORY

Funkcí senzorů je informovat bezpečnostní logiku. Senzory lze z důvodů přehlednosti rozdělit do řady skupin ať už dle principu funkce, nebo dle

bezpečnostní funkce, kterou zastávají. Protože každý výrobce rozděluje svoje výrobky samostatně, uvedeme dělení dle bezpečnostní funkce:

Snímání přítomnosti osob: používá se zejména tam, kde potřebujeme vyloučit přítomnost osoby v nebezpečném prostoru. K detekci se používají optoelektronické prvky, které jsou dnes k dispozici ve třech variantách – optické bariéry (sestava vysílač-přijímač), které mají jeden či více paprsků, bariéra detekuje přerušení jakéhokoliv paprsku a vypíná tím například nebezpečný pohyb stroje. Dále se jedná o 2D optický scanner, který sleduje plochu, zda není narušena cizím předmětem (nerozlišuje osoby či předměty). V poslední době byl vyvinut i 3D kamerový systém, který na základě obrazu ze 3 kamer dokáže určit přítomnost osoby nejen v ploše, ale i v prostoru. Systém je sice certifikován pro použití do nejnebezpečnějších aplikací, nicméně praxe ukazuje, že jde zatím o velice nákladnou technologii, která v nedávné minulosti neměla vyřešena všechny nedostatky (například citlivost na změnu v podmínkách osvětlení nebezpečného prostoru). Snímání přítomnosti osob však dokážou podobně řešit nášlapné rohože, které vypínají nebezpečné pohyby stroje při detekci zátěže. Nebezpečným místem může být rovněž například hrana krytu, který vykonává pohyb pojezdem, kde může dojít ke stlačení těla/částí těla. Pro zabezpečení takovýchto míst mohou sloužit bezpečnostní hrany, které při deformaci nebezpečný pohyb stroje vypínají.

Prostředky nouzového zastavení jsou povoleny dle normy EN 60204-1 ve čtyřech provedeních a to: vypínač ovládaný tlačítkem, vypínač ovládaný tažným lankem, vypínač ovládaný pedálem (bez mechanického krytu) a za určitých okolností hlavním vypínačem.

Bezpečnostní koncové spínače jsou používány tam, kde je třeba omezit například pracovní rozsah stroje. Používány jsou různé varianty spínání těchto prvků, většinou se však jedná o různé podoby vačkového mechanismu.

Spínače bezpečnostních krytů jsou velice důležitým prvkem každého stroje. Bezpečnostní kryty jsou řešeny samostatnou bezpečnostní normou EN 1088. Snímání polohy krytu je možno realizovat mechanicky, magneticky či RFID principem. Některé aplikace mohou vyžadovat zamčení krytu během doby, než je například dobrzděn setrvačnický či zastaven kotouč pily. V tomto případě se používají tzv. tlačítka s žádostí o vstup. Tlačítko žádosti o vstup potom realizuje

reakci standardního řízení na zastavení nebezpečného pohybu. Po bezpečném vyhodnocení, že aplikace stojí, je odemčen kryt a tím umožněn zásah obsluhy či údržby.

LOTO systémy (zkratka anglických slov lock-out tag-out) jsou systémy, které znemožňují provoz stroje či jeho části v době, kdy je na stroji prováděna například činnost údržby či čištění. Jádrem celého systému je hlavní vypínač. Hlavní vypínač je vybaven klíčem, který pokud chci z vypínače vyjmout, musím nastavit do polohy vypnuto. Vytažením klíčku z hlavního vypínače potom mechanika vypínače znemožní zapnutí bez opětného vložení klíčku. Vyjmutý klíč potom použiji například k odemčení bezpečnostního krytu, zamčení důležitého ventilu a podobně. Cílem celé této skládačky je donutit obsluhu/údržbu a další zvolit správný technologický postup a mít kontrolu nad strojem, pokud na něm například provádím údržbu. Klíč mám v kapse a vím, že mi stroj nikdo nespustí, když na něm pracuji.

Posledním prvkem jsou dvouruční ovládání. Pro konstrukci musí být použita norma EN 574+A1. Použití je nutné tam, kde je třeba, aby byla zaručena přítomnost obsluhy na jednom určitém místě a nedošlo tak k jejímu ohrožení v nebezpečném prostoru. Realizace se provádí většinou pomocí dvojice tlačítek, která splňují umístění a další parametry dle zmiňované normy, na něž je třeba působit, aby stroj vykonával potřebnou činnost.

5.2. BEZPEČNOSTNÍ LOGICKÉ PRVKY

Bezpečnostní logické prvky jsme si vyjmenovali v krátkosti hned na začátku v textu zabývajícím se historií. V dnešní době máme k dispozici tyto prvky:

	Pozitiva	Negativa
Bezpečnostní moduly	jednoduchost montáže - cenová výhoda u malých strojů pro diagnostiku stačí pohled	finanční náročnost u větších aplikací jednoduchost jejich překonání

	na LED	
Malé bezpečnostní systémy	<p>finanční výhodnost u středních aplikací</p> <p>u některých výrobců modulární konfigurace</p> <p>málo častý pokus o překonání</p>	<p>pro údržbu a servis je třeba znalého pracovníka s odpovídajícím vybavením</p> <p>nutnost použít standardního řízení pro technologický běh aplikace</p>
Velké bezpečnostní systémy	<p>obvykle systémy s velice krátkým časem zpracování informace</p> <p>modulární konfigurace</p> <p>vzácné pokusy o překonání</p>	
Integrované bezpečnostní systémy	<p>možnost integrovat celou logiku do jednoho zařízení</p> <p>možnost použít decentrální architekturu</p> <p>jednoduchost navázání bezpečnosti na vizualizaci</p> <p>čím více funkcí integruji, tím méně nákladné je nasazení systému</p>	<p>pro údržbu a servis je třeba znalého pracovníka s odpovídajícím vybavením</p>

Zvláštní kategorií bezpečnostních logických prvků jsou logické obvody, které monitorují klidový stav hřídelí, které způsobují nebezpečí. Existují dva principy snímání na základě fyzikálních vlastností pohonů. První princip je snímání napětí indukovaného ve statoru pohybem rotoru. Maximální možná dosažitelná SIL 2 dle EN 61508 nebo PLd dle EN ISO 13849-1. Druhým principem je snímání otáček inkrementálními snímači. Pokud použijí dvojice snímačů, mohou dosáhnout nejvyšších požadavků, tedy SIL 3 nebo PLe dle příslušných norem.

5.3. AKTUÁTORY

Aktuátory jsou výkonové prvky, které mají za cíl převádět signály řídicí v signály silové nebo ovládací. Stykače kontrolují přívody energií, stejně jako ventily, pohony a servo-pohony potom kontrolují otáčky, momenty a další veličiny, které jim byly určeny logickými obvody.

Použití elektromechanických prvků, tedy ventilů a stykačů má málo omezení. Hlavním hlediskem, které musí být bráno na zřetel, je princip nuceného vedení kontaktů. Jednoduše řečeno takový prvek je každý, který má vedení kontaktů od elektromagnetické cívky řešeno tak, že nemůže nastat stav, kdy by médium (konkrétně elektrická energie, plyn či kapalina) protékalo tímto prvkem a přitom hlášení zpět do systému by byla informace o uzavření tohoto prvku. Všichni výrobci tuto podmínku řeší vyroběním kotvy stykače (nebo táhla ventilu) z jednoho kusu. Pokud by tedy došlo například ke svaření kontaktů stykače, i při vypnutí proudu procházejícím cívkou by nedošlo k odpadnutí kontaktů a tím hlášení do systému. V bezpečnostním systému musí následovat diagnostika na úrovni „nemám sepnut výstup/přesto je prvek aktivní“ a dle bezpečnostní kategorie musí být přijaty odpovídající opatření.

U elektronických prvků je situace odlišná. Protože tyto nelze vybavit elektromechanickým principem, podmínku diagnostiky splňují tím, že obsahují velice podrobnou bezpečnostní diagnostiku svých stavů. Jelikož jsou většinou ovládány přes některou z datových sběrnic schopných přenášet bezpečnostní informace, data jsou doručena do bezpečnostní logiky a následně vyhodnocena.

5.4. VYLOUČENÍ CHYBY

Posledním důležitým údajem spojeným s normami EN ISO 13849-1 a EN 61508 je termín vyloučení chyby. Tento princip si můžeme vysvětlit na tlačítku nouzového zastavení. Tlačítko se skládá z jednoho hřibovitého tlačítka a dvojice kontaktů. Kontakty jsou v klidu sepnuty, pokud stisknu tlačítko (jedno tlačítko), pohyb tlačítka zapůsobí (přes jeden mechanický prvek) na kontakty, které se rozepnou. Kritickým místem je tedy mechanická vazba mezi tlačítkem a kontakty. Obecně řečeno se vyloučení chyby uplatňuje pro některé mechanické

body, které mohou způsobit poruchu. Pokud použití vyloučení chyby není akceptovatelné (např. pro PLe nebo jiné důvody) potom je nutné použít dvou separátních zařízení. Alternativně může být použita technologie, která umožňuje použít prvky s jedním kritickým místem jako například některé typy bezkontaktních dveřních senzorů. Vyloučení chyby je vždy stanoviskem výrobce konkrétního zařízení, konstruktér však je povinnen na tuto skutečnost upozornit v analýze rizikovosti.

6. ZÁVĚR

Co říci závěrem? Celá problematika není nijak složitá. Základním problémem však je, že nezasvěcený člověk dostane příliš mnoho počátečních informací, ve kterých se těžko orientuje. Tento text by měl vnést jasno do počátků vašeho vstupu do problematiky bezpečnostní techniky.

Centrum pro rozvoj výzkumu pokročilých řídicích a sensorických technologií
CZ.1.07/2.3.00/09.0031

Ústav automatizace a měřicí techniky
VUT v Brně
Kolejní 2906/4
612 00 Brno
Česká Republika

<http://www.crr.vutbr.cz>

info@crr.vutbr.cz